Aus dem Institut für Hygiene und Mikrobiologie
der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. H. Seeliger

VERSUCHE ZUM BAKTERIENGEHALT UND ZUR DEKONTAMINATION VON SPRÜHFLÜSSIGKEIT UND ENTSTEHENDEN AEROSOLEN AUS DENTALTURBINEN

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Eduard Schuller
aus Regen

Würzburg, den 9. Mai 1980

Aus dem Institut für Hygiene und Mikrobiologie
der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. H. Seeliger

VERSUCHE ZUM BAKTERIENGEHALT UND ZUR DEKONTAMINATION VON SPRÜHFLÜSSIGKEIT UND ENTSTEHENDEN AEROSOLEN AUS DENTALTURBINEN

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Eduard Schuller
aus Regen

Würzburg, den 9. Mai 198o

Referent:	Professor Dr. phil. W. Döll
Korreferent:	Professor Dr. med. H. Seeliger
Dekan:	Professor Dr. med. K.-H. Wulf

Tag der mündlichen Prüfung: 29.7.1980

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

Seite

I. EINLEITUNG 1

1. Übersicht über mögliche gesundheitliche Schädigung des Zahnarztes, des Hilfspersonals und des Patienten durch turbinenspraybedingte Aerosole.....1

2. Bisherige Untersuchungen über den Keimgehalt im Kühlungsspray fahrbarer und eingebauter Turbinen.....6

3. Fragestellung.....8

II. MATERIAL UND METHODIK.....9

1. Ort der Untersuchung.....9

2. Probeentnahmestellen.....9

3. Methodik der Turbinensprayentnahme.....1o

4. Laboruntersuchungen des Sprays.....1o

5. Untersuchungen zur Dekontamination.....1o

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN.....12

1. Keimzahl in den Hauptbehältern der Enthärtungsanlage.....12

1.1. Keimzahl des Hauptbehälters in Betrieb.....12

1.2. Keimzahl des Hauptbehälters mit regeneriertem Wasser.....13

2. Keimzahl im Wasserleitungssystem.....14

3. Keimzahl im Tank der fahrbaren Turbinen.....16

4. Keimzahl im Spray der eingebauten Turbinen.....19

4.1. Keimzahl im Spray der eingebauten Turbinen mit denen behandelt wurde.....2o

4.2. Keimzahl im Spray der eingebauten Turbinen mit denen nicht behandelt wurde.....23

5. Gefundene Keime.....32

6. Untersuchung der Filter und des Turbinenschlauchs.....33
7. Möglichkeiten einer Dekontamination des Turbinensprays.....34
7.1. Dekontamination der fahrbaren Turbinen.....34
7.2. Dekontamination der eingebauten Turbinen.....37

IV. DISKUSSION.....38

V. ZUSAMMENFASSUNG.....41

VI. LITERATURVERZEICHNIS.....I - VI

I. E I N L E I T U N G

1. Übersicht über mögliche gesundheitliche Schädigung des Zahnarztes, des Hilfspersonals und des Patienten durch turbinenspraybedingte Aerosole

Die Einführung der hochtourigen Turbinen in die zahnärztlichen Praxen vor etwa 3o Jahren wurde von Zahnärzten und Patienten als große Errungenschaft begrüßt. Mit den Luftturbinen, die heute über 4oo ooo U/min leisten, kann die Behandlung schneller und, durch Herabsetzung hoher Amplituden, dank der hohen Geschwindigkeit, auch erschütterungsfrei ablaufen.

Um eine Überhitzung des organischen Zahngewebes zu vermeiden, benötigt man Wasser als Kühlmittel. Dieses hat außerdem die Aufgabe, Blut und kariöses Dentin wegzuspülen und somit das Behandlungsfeld zu reinigen. Die gezwungenermassen benützte Kühlflüssigkeit verläßt unter Druck als Wasser-Luft-Gemisch die Düse am Winkelstück. So entsteht ein Aerosol, das mit Mikroorganismen aus der Mundhöhle, mit kariösem Dentin, Amalgam, Öl, das zur Wartung des Winkelstücks dient, und möglicherweise auch mit Mikroorganismen aus der Kühlflüssigkeit belastet ist.

Mit der Einführung moderner zahnärztlichen Turbinen tauchte eine zusätzliche Infektionsquelle für Behandler, Hilfspersonal und Patienten auf, die von den meisten Autoren als ernstzunehmend eingestuft wird.

Oft wird als einzige aerosolgefährdete Person der Patient angenommen. Das mag bis zu einer bestimmten Grenze zutreffen; jedoch ist nach NIXON (27) auch der Zahnarzt einer größeren Keimexposition ausgesetzt, denn durch das Aerosol ist der Behandler wesentlich mehr gefährdet als der Patient oder die auf der anderen Seite tätige Zahnarzthelferin (WINKLER (3o)).

HOSCHEK (18) beschrieb Krankheitssymptome, die bei Arbeitnehmern in Druckereien, in denen Luftbefeuchter installiert sind, auftraten. In ihnen bildete sich ein schlammiger Satz aus keimhaltigem Papierstaub als geradezu idealer Nährboden für Mikroorganismen. Als Erscheinungen traten Hustenreiz, Atemnot, Beklemmung, Kratzen im Hals auf. Die Ähnlichkeit zur Byssinose (Pneumokonikose bei Baumwollarbeitern) und der Drescherlunge war offensichtlich. Andrerseits gibt HOSCHEK (18) an, daß ähnliche Symptome auch bei Zahnärzten auftreten. Diese klagen über Bronchitis mit spastischer Komponente in zeitlichem Zusammenhang mit der Berufstätigkeit seit der Einführung der wassergekühlten Turbinenbohrer, bei denen ein Sprühnebel entsteht.

GRUNDY (15) konnte bei über 600 Zahnärzten, die die Luftturbine gebrauchten, nachweisen, daß 19,5 % Symptome entwickelt hatten, die den Hochgeschwindigkeitsbohrern zugeschrieben wurden. POLLOK (28) weist auf die Nützlichkeit der Turbine hin; gleichzeitig betont er, daß die Gefahr der Inhalation verkeimter Aerosole und sogar die Übertragung von Tuberkulose, Influenza oder infektiöser Hepatitis besteht. LITZKY (23) konnte noch in einer Entfernung von 1,2 m vom Patientenmund Mycobacterium tuberculosis nachweisen. HAUSSLER und MADDEN (16) zeigten, daß der Anteil des Aerosols, dessen Partikelgröße 5 µm und weniger beträgt und somit bis in die tiefsten Lungenabschnitte vordringen kann, bis zu einer Entfernung von 75 cm vom Bohrer zunimmt, obwohl sich die Gesamtzahl an keimhaltigen Tröpfchen rasch mit der Distanz von der Präparationsstelle vermindert. Weiter geben LITZKY (23) und MILLER (24) an, daß nicht nur eine Irritation des Auges durch verkeimte Aerosole zustande kommt, sondern über den Ductus nasolacrimalis auch die Nasen-und Kieferschleimhäute infiziert werden können. Besondere Gefahr geht nach BAHRS und POTHMANN (2) von pathogenen Keimen aus, z.B. Diphtheriebakterien, Meningo-und Pneumokokken sowie von Coxsackie-und Poliomyelitisviren, denn diese Arten können symptomlos beherbergt werden; der Patient ist dann lediglich Keimreservoir.

MILLER (24) sieht die Problematik der Aerosolverkeimung und deren Gefährlichkeit drastischer. Nicht nur, daß er die zahnärztliche Aerobiologie als ein "verarmtes Stiefkind der medizinischen Aerobiologie" ansieht; seiner Meinung nach bedürfte es erst einer Epidemie, um auf die Problematik gebührend aufmerksam zu machen. Seiner Auffassung nach durchläuft der Zahnarzt eine "biphasische" Krankengeschichte des Respirationstraktes. Während des Studiums und der ersten Praxisjahre bekommt er Infektionen der Atemwege, Conjunctivitis und Blepharitis. Später kommt es zu einer Immunisierung durch den ständigen Kontakt mit Keimen und es treten dann seltener Erkrankungen und Infektionen der Atemwege auf. Trotzdem ist der Behandler gegen gefährliche Erkrankungen durch Tuberkelbakterien, Hepatitis-oder Herpesviren nicht gefeit.

Beim Behandeln mit der Dentalturbine entweichen aus der Mundhöhle des Patienten ca. $37 \cdot 10^6$ Keime/m^3 Luft. Bei der Kavitätenpräparation mit der Luftturbine und Wasserkühlung entweichen an die 8 5oo Keime/min, beim Polieren der Zähne mit einem rotierenden Wollrad 123 ooo Keime/min (MILLER (24)).

Das Aerosol besteht aus Partikeln von o,5 - 2o µm Durchmesser, die Keime der Mundflora, Öltropfen, Schmiermittel, sowie Füllungs-und Zahnreste enthalten. Aerosolpartikel, die kleiner als 1oo µm sind, verdampfen in der Luft in einigen Millisekunden und hinterlassen einen mikrobiellen Kern, der Infektionen hervorrufen kann. Größere Kerne lassen sich auf Oberflächen nieder, können aber durch Luftzug wieder aufgenommen und verschleppt werden (GRAYSON (12)). Markierte Keime konnten in mehr als 1,8 m Entfernung von dem Winkelstück nachgewiesen werden. Aerosole von mehr als 5o µm Durchmesser haben genügend Masse und kinetische Energie, um ballistischen Charakter zu entfalten. Sie werden vom Luftzug fast nicht beeinflußt und bespritzen alle Gegenstände auf ihrem Weg (MILLER (24)). Von BELTING, HABERFELD und JUHL (6) konnten lebende Tuberkelbakterien in

solchen Kernen nachgewiesen werden. Nach GRAYSON (12) sind 60 - 65 % der Partikel des Aerosols geeignet, bis in die Lungenalveolen vorzudringen. LARATO (21) untersuchte die Zeitspanne, die Aerosole in der Luft schwebend verbringen können, und fand, daß bei einer Luftaustausch-Rate von 6 mal pro h das Aerosol mehr als 1/2 h in der Luft schweben bleibt. Nach WENNER (29) hingegen nimmt die Keimzahl nach der Behandlung ab. Das Aerosol persistiert nicht und stellt nach seiner Auffassung keine Infektionsquelle dar. MEYER hingegen bezeichnet die Turbine als "Keimschleuder" (so LENK und EICHNER (22)).

LENK und EICHNER (22) schreiben der Gefährlichkeit des Aerosols keine große Bedeutung zu. Personen seien in öffentlichen Verkehrsmitteln, bei Sportveranstaltungen, im Theater und bei sonstigen Massenversammlungen gefährdeter als der Zahnarzt beim hochtourigen Bohren und Schleifen. Nach KAZANTZIS (19) besteht "mit der Anwendung hochtouriger Bohrgeräte kein erhöhtes Risiko einer bakteriellen Infektion für den Behandler". Dieser Autor ist der Meinung, daß der menschliche Respirationstrakt Abwehrmechanismen (Hustenreflex, Nasenhöhle, Atemluft) besitzt, die einen erheblichen Schutz gegen eingeatmete Partikel und Aerosole bieten. Er weist aber auch darauf hin, daß die Schädlichkeit selbstverständlich von der Zusammensetzung der Luft, Konzentration, Dauer der Einwirkung, Größe und Gestalt der Partikel abhängt. Teilchen von einer Größe über 25 µm werden selten in den Lungenalveolen, deren Größe zwischen 80 und 130 µm liegt, gefunden. KAZANTZIS (19) fand beim Bohren mit der Turbine Staphylococcus albus, gramnegative Bakterien der Klebsiella aerogenes- Gruppe und Streptococcus viridans. Eine Ölkonzentration (0,62 mg/cm^3) im Luftstrom vor dem Mund des Patienten hält er aber nicht für harmlos, wenn Ölpartikel in die Lunge des Zahnarztes gelangen.

NIXON (27) fand, daß die Luftturbine mit Kühlung 20 mal mehr Keime versprüht als ohne Kühlung. Er wies im Aerosol Streptococcus-Arten, Bacillus subtilis, Candida albicans

und Proteus nach. Durch die Einführung von ultraschallaktiven Zahnsteinentfernungsgeräten, die mit einem Wasserspray arbeiten, nahm die Keimzahl signifikant um 3 ooo % gegenüber der instrumentellen Entfernung der Konkremente zu. 3o min nach der Anwendung des Ultraschallgerätes war die Keimzahl immer noch um 23o % höher.

Zur Elimination, beziehungsweise Kontrolle des Aerosols machten MILLER (24), GRUNDY (15), GRAYSON (12), MOHAMMED (26), HOFFMAN (17) folgende Vorschläge:

a) Den Patienten vor der Behandlung die Mundhöhle mit einer quartären Ammoniumbase spülen lassen
b) Benutzung eines Cofferdams+
c) Entkopplung der Behandlungseinheit von dem städtischen Wasserversorgungssystem und Benutzung von Wasser mit Chlorzusatz, um das Wachstum der Bakterien im Leitungssystem und Schläuchen zu verhindern++
d) Polieren nur mit kleinen Gummipolierern statt mit Wollrädern
e) Benutzung eines Wasserstrahls gefolgt von einem milden Luftstrom statt einem Wasser-Luft-Spray
f) Tragen von Schutzbrille, Mundschutz oder Schutzschild
g) Benutzung eines wirkungsvollen Absaugers
h) Luftreinigung und forcierte Ventilation oder Benutzung von bakteriziden UV-Strahlern

---

+ Gummimembrane, die nach Perforation über die zu behandelnden Zähne gezogen wird

++ Nach der Trinkwasser-Verordnung ist das Wasser mit o,3 mg/l zu chlorieren; bei der Abgabe ins Netz wird nur noch ein Restchlor-Gehalt von o,1 mg/l verlangt, dem aber nur eine "Schutzfunktion", nicht eine ausgesprochene Desinfektionswirkung zugeordnet werden kann.

2. Bisherige Untersuchungen über den Keimgehalt im Turbinenspray fahrbarer und eingebauter Turbinen

Zur engeren Problematik - Verkeimung des Turbinensprays - sind relativ wenige Mitteilungen erschienen. Alle Autoren aber sind der Meinung, daß die Verkeimung des Turbinensprays stark sei und bei weitem nicht hygienischen Mindestanforderungen gerecht werde.

CLARK (7) zitiert BLAKE, der schon 1963 berichtete, daß Wasserbehälter für den Turbinenspray oft mit Klebsiella- und Pseudomonas-Arten verseucht seien. Heute verfügen die modernen Praxen nicht mehr über solche Wasserbehälter; die Dentalturbinen sind an das Wasserleitungssystem angeschlossen. Trotzdem fand CLARK (7) in einer nordamerikanischen Zahnklinik eine große Anzahl von Bakterien, meist gewöhnliche "Wassersaprophyten", die ihn veranlaßten, oft frequentierte Praxen, die einen hohen Wasserdurchfluß haben, zu untersuchen. In den 3o untersuchten Praxen fand er 5o - 5o ooo Keime/ml; 8 Einrichtungen waren mit Pseudomonas belastet und zwar mit 1o - 8oo Keime/ml, eine Einrichtung war mit 1o Klebsiella/ml verkeimt.

CLARK (7) untersuchte Zahnärzte und Helferinnen in bezug auf eine mögliche Verkeimung der Nasenschleimhäute durch verseuchtes Kühlungswasser. Von 3o Zahnärzten wiesen 14 eine alterierte Nasenflora auf; von den 29 Zahnarzthelferinnen hatten nur 3 eine veränderte Nasenflora. Auf Nasenschleimhäuten wurden P. aeruginosa, P. cepacia, Proteus und andere Keime gefunden. Von 3o Zahnärzten klagten 17 über Rhinitis und 1o von ihnen hatten eine abnorme Nasenflora; hingegen hatten nur 4 Zahnarzthelferinnen eine abweichende Flora, aber keine Rhinitis.

BAUER, LANGER und PORTELLE (4) prüften fahrbare Turbinen auf ihre Keimzahl und-art. Die Tanks wurden mit destilliertem Wasser routinemäßig gefüllt. Die gefundene Keimzahl betrug maximal 9 ooo pro ml. Die Autoren fanden in der

überwiegenden Mehrzahl Acinctobacter calco-aceticus, ferner Staphylococcus albus, Bacillus mesentericus, vergrünende Streptokokken, Escherichia coli, Sarcina alba, Corynebacterium xerosis und Diplokokken. Auf direkt besprühten festen Bakteriennährböden wuchsen außerdem Sarcina lutea und Streptococcus pyogenes.

ABEL et al. (1) fanden in 3 Praxen und in zahnärztlichen Einrichtungen des öffentlichen Gesundheitswesens 4oo - 1 Mio. Keime/ml, im Durchschnitt 18o ooo Keime/ml Spray. Das zuführende Leitungswasser enthielt o - 9o Keime/ml. In 26 % der Fälle wurden Streptococcus mitis, in 16 % Streptococcus salivarius und in 4o % Enterokokken gefunden. E. coli und coliforme Bakterien wurden nicht nachgewiesen. Da die erstgenannten Mikroorganismen die menschliche Mundhöhle besiedeln, wurde vermutet, daß die Verkeimung der Sprayflüssigkeit durch Rückfluß oder durch das Wachstum von Mundkeimen auf infizierten Handstücken und Sprayansätzen erfolgt, die dann rückfließen. Unter zusätzlicher Chlorbeigabe wurde weniger oder kein Wachstum beobachtet. Die Autoren beurteilten die Verkeimung als sehr stark und das Kühlungswasser ungeeignet für den menschlichen Gebrauch. Sie weisen darauf hin, daß im Trinkwasser der USA selten mehr als 1 Keim/ml und in Swimmingpools von San Francisco in 8o % der Fälle weniger als 1o Keime/ml gefunden werden.

GRÜN und CROTT (14) und CROTT (8) fanden in den Tanks fahrbarer Turbinen 9oo - 44 ooo Keime/ml. Bei eingebauten Turbinen konnten sie zu Arbeitsbeginn zwischen 128 ooo Keime/ml und 73o ooo Keime/ml nachweisen. Nach zweiminütiger Benutzung sank die Keimzahl auf 15 ooo - 25 7oo Keime/ml ab. Sie blieb über eine Versuchszeit von 6o min ungefähr konstant. GRÜN (14) konnte am Morgen vor Arbeitsbeginn sogar 9o ooo - 28 Mio. Keime/ml nachweisen.

Während der Behandlung werden die Keime aus dem Turbinenspray mit diesem in die Mundhöhle des Patienten geschleudert (ENGELHARDT (9)). Durch den Spray kommt es durch

Rückstau zum Herauswirbeln von zusätzlichen Mikrooranismen aus der Mundhöhle des Patienten. Gewiß hat ENGELHARDT (9) recht, wenn er in diesem Zusammenhang schreibt: "Es wäre Selbstbetrug, darauf zu hoffen, daß nichts passiert".

3. Fragestellung

Im Rahmen dieser Dissertation wurden folgende Fragen experimentell geprüft:

a) Keimgehalt des Kühlungssprays von zahnärztlichen eingebauten und fahrbaren Turbinen
b) Das Verhalten der Keimmengen in Abhängigkeit der Gebrauchsdauer des Gerätes
c) Ursachen der Verkeimung des Kühlungssprays
d) Möglichkeiten der Verringerung der Verkeimung des Turbinensprays

Zusätzlich zum experimentellen Fragenkomplex sollte die Untersuchung einen möglichst umfangreichen Überblick über die bisher zum Thema erschienene Literatur geben.

II. MATERIAL UND METHODIK

1. Ort der Untersuchung

Die Proben zur Untersuchung des Turbinensprays wurden in der Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-und Kieferkrankheiten zu Würzburg entnommen.+ Insgesamt standen 12 eingebaute und 4 fahrbare Turbinen zur Verfügung. Die Untersuchung der Sprayproben erfolgte am Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität Würzburg.

2. Probeentnahmestellen

Die Untersuchung der Verkeimung des Turbinensprays wurde im Sinne einer "Stufenkontrolle" vorgenommen, beginnend mit der Enthärtungsanlage bis zur Winkelstückdüse.

Das vom Städtischen Wasserwerk Würzburg gelieferte Wasser wird in der Zahnklinik auf o - 1° dH in einem Kationenaustauscher enthärtet, um so einer Verkalkung des Leitungssystems bzw. der Winkelstückdüsen vorzubeugen. Zu diesem Zweck stehen zwei Aufbereitungsbehälter bereit. Der eine enthält das schon regenerierte Wasser, der zweite jenes, das sich in der Regenerationsphase befindet. Aus dem Behälter mit regeneriertem Wasser wird die Poliklinik für Zahnerhaltung und Parodontologie versorgt. Das Wasser, das aus den Wassernähnen der einzelnen Behandlungsboxen fließt, ist identisch mit dem, das zu den Turbinen als Kühlungsspray gelangt. Vor der Probeentnahme floß das Wasser 5 min durch den Wasserhahn des Aufbereitungsbehälters, anschliessend wurde dieser abgeflammt. Bei der Entnahme der Proben aus den Wasserhähnen der Benandlungsboxen wurde wie oben angegeben verfahren.

+Besonderer Dank geht an Herrn Prof. Dr. R. Naujoks, Direktor der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-und Kieferkrankheiten der Universität Würzburg, der gestattete, die Proben an seiner Klinik zu entnehmen.

3. Methodik der Turbinensprayentnahme

Turbinensprayproben wurden während der unterrichtsfreien Zeit (27.9.1977 - 2.11.1977 und 7.3.1978 - 28.4.1978) sowie des Semesterbetriebs (30.11.1977 - 25.2.1978 und 3.5.1978 - 14.6.1978) entnommen. Somit konnte die Keimzahl der Turbinen, mit denen behandelt wurde, mit denen, die nicht benützt wurden, verglichen werden. Die Proben wurden aus fahrbaren und eingebauten Turbinen zu verschiedenen Tageszeiten unter Gebrauch sterilisierter Winkelstücke in Reagenzgläser entnommen und ohne Zeitverlust ins Untersuchungslabor transportiert. Diese Methode erwies sich zweckmäßiger als das direkte Besprühen[+] von Nährböden, da so quantitative Angaben ermöglicht wurden.

4. Laboruntersuchungen des Sprays

Im Labor wurden Verdünnungsreihen bis zur Stufe 10^{-4} hergestellt, die entsprechenden Proben auf Blutagar-Nährböden ausgespatelt und bei 37° C 48 h bebrütet. Unter der Annahme, daß jeder Keim zu einer Kolonie auswächst, läßt sich die Keimzahl pro ml Spray aus der ausgezählten Koloniezahl und dem Verdünnungsfaktor errechnen. Von den einzelnen gefundenen Keimen wurden Reinkulturen gezüchtet und diese mit Labormethoden wie Bunte Reihe, Ausstrich auf McConkey-Nährböden, etc. untersucht. Eine weitergehende Differenzierung, die zu einer endgültigen Eingruppierung aller gefundenen Keime führte, war nicht Aufgabe dieser Untersuchung. Insgesamt wurden für diese Untersuchung 780 Blutagar-Nährböden und 116 Nährböden für die Keimzählung[++] benützt.

5. Untersuchungen zur Dekontamination

Um die Möglichkeit einer Dekontamination des Sprays fahr-

[+] Bringen der Nährböden in den direkten Spraystrahlbereich

[++] Plate-count-Agar; Hersteller: Oxoid GmbH

barer Turbinen zu untersuchen, wurde eine Quecksilberboratlösung bzw. H_2O_2-Lösungen unterschiedlicher Konzentration in die Tanks der fahrbaren Turbinen aufgefüllt. Die Lösungen wurden mehrere Tage in den Tanks belassen, danach sind Proben entnommen und auf ihren Keimgehalt geprüft worden.

III. EIGENE UNTERSUCHUNGEN

1. Keimzahl in den Hauptbehältern der Enthärtungsanlage

Das aus dem Leitungsnetz der Stadt Würzburg entnommene Wasser wird mittels Kationenaustauscher enthärtet und fließt dann zu den einzelnen Behandlungsboxen und Turbinen. Ein Behälter der Anlage ist in Betrieb, der zweite dient als Reservoir für das enthärtete Wasser. Unter Umständen (Feiertage, Wochenenden, etc.) kann dieses längere Zeit im Hauptbehälter verweilen.

1.1. Keimzahl des Hauptbehälters in Betrieb

Vor der Probeentnahme floß das Wasser 5 min lang durch den Wasserhahn, danach wurde dieser abgeflammt. Die Keimzahlen der Stichproben sind in Tab. 1 und Abb. 1 zusammengefaßt.

Tab. 1: Anzahl der Keime in dem sich in Betrieb befindlichen Hauptbehälter der Enthärtungsanlage

Nr. der Proben	1	2	3	4	5
Keime/ml	60	5	18	10	45
Summe:			$\Sigma x = 138$		
Arithmetisches Mittel:			$\bar{x} = 27,6$		
Standardabweichung:			$s = 23,7$		
Standardfehler des arithm. Mittels:			$s_{\bar{x}} = 10,6$		
Spannweite:			$R = 60 - 5$		

Legende:

Summe: Σx

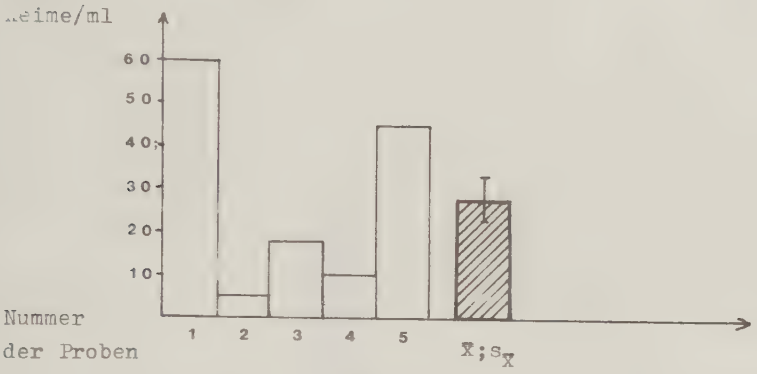
Arithmetisches Mittel: $\bar{x} = \frac{x}{n}$

Standardabweichung: $s = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}}$

Standardfehler des arithm. Mittels: $s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{s^2}{n}}$

Spannweite(range): $R = x_{max} - x_{min}$

Abb. 1: Darstellung der Daten aus Tab. 1



Die höchsten Keimzahlen, nämlich 60 bzw. 45 Keime/ml wurden jeweils montags früh gefunden.

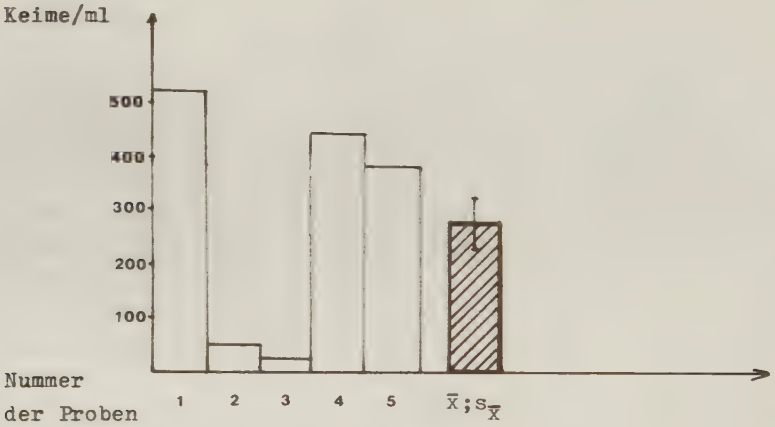
1.2. Keimzahl des Hauptbehälters mit regenerierten Wasser

Bei der Entnahme der Proben wurde wie unter 1.1. beschrieben vorgegangen.

Tab. 2: Anzahl der Keime im Hauptbehälter mit regeneriertem Wasser

Nr. der Proben				
Keime/ml				
Summe:	$\sum x$ =			
Arithmetisches Mittel:	$\bar{x}$ =			
Standardabweichung:	s =	233,6		
Standardfehler des arithm. Mittels:	$s_{\bar{x}}$ =	104,5		
Spannweite:	R = 530 - 25			

Abb. 2: Darstellung der Daten aus Tab. 2



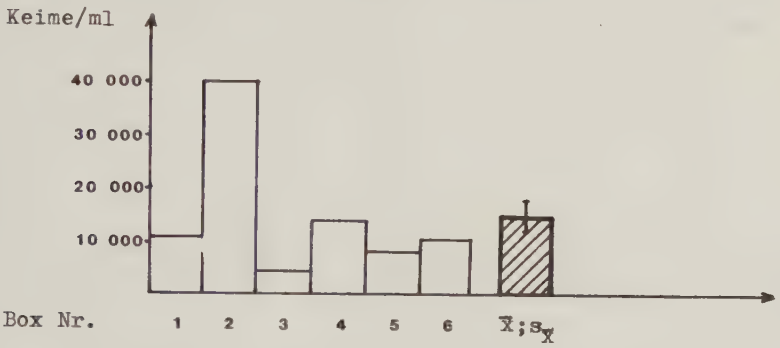
2. Keimzahl im Wasserleitungssystem

Zu Beginn der Untersuchung stand das Wasser seit 9 Wochen in den Endröhren, die zu den einzelnen Behandlungsboxen führen. Dort wurden aus den Wasserhähnen Proben entnommen, wobei das Wasser vor der Entnahme 1 min lang abfloß, die Wasserhähne aber nicht abgeflammt wurden. Die gefundenen Keimzahlen sind in Tab. 3 und Abb. 3 zusammengefaßt.

Tab. 3: Keimzahlen/ml Wasser aus 6 Endröhren verschiedener Behandlungsboxen zu Beginn der Untersuchung

Box Nr.	1	2	3	4	5	6
Keime/ml	11 400	40 000	3 600	14 000	8 000	11 000
Summe:				Σx = 88 000		
Arithmetisches Mittel:				$\bar{x}$ = 14 666,6		
Standardabweichung:				s = 12 909,3		
Standardfehler des arithm. Mittels:				$s_{\bar{x}}$ = 5 270,2		
Spannweite:				R = (40 - 3,6) 10^3		

Abb. 3: Darstellung der Daten aus Tab. 3



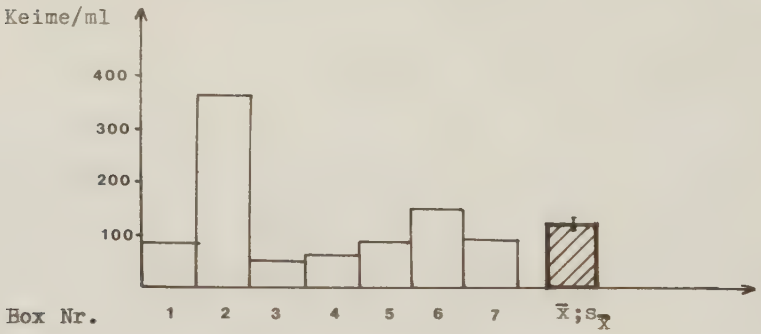
Floß das Wasser 5 min vor der Entnahme ab und wurde vor der Probeentnahme der Wasserhahn mit einem Bunsenbrenner abgeflammt, ergaben sich Keimzahlen, die aus Tab. 4 und Abb. 4 zu entnehmen sind.

Tab. 4: Keimzahlen/ml Wasser aus 7 Endröhren, ermittelt nachdem das Leitungswasser 5 min vor der Entnahme abgeflossen war

Box Nr.	1	2	3	4	5	6	7
Keime/ml	140 80 42 70 60	380 540 305 300 0	80 30 35 40 50	60 33 75 65 60	70 70 100 80 75	140 150 192 120 130	150 40 120 70 70
Summe	417	1260	295	293	395	732	450
Mittelwert	82,4	361	47	58,6	79	144,4	90

Summe:	$\sum x$ = 4 312
Arithmetisches Mittel:	$\bar{x}$ = 123,2
Standardabweichung:	s = 111,5
Standardfehler des arithm. Mittels:	$s_{\bar{x}}$ = 18,8
Spannweite:	R = 540 - 30

Abb. 4: Darstellung der gemittelten Daten aus Tab. 4



Gemittelt über 35 Einzelentnahmen, wurden während der unterrichtsfreien Zeit durchschnittlich 123,2 Keime/ml gefunden. Dabei variierte die Keimzahl zwischen 3o und 54o Keime/ml.

Während des Semesterbetriebs, als das Wasser auch in den Endröhren der Wasserleitung öfters ausgetauscht wurde, fanden sich im Mittel 9o Keime/ml wasser.

3. Keimzahl im Tank der fahrbaren Turbinen

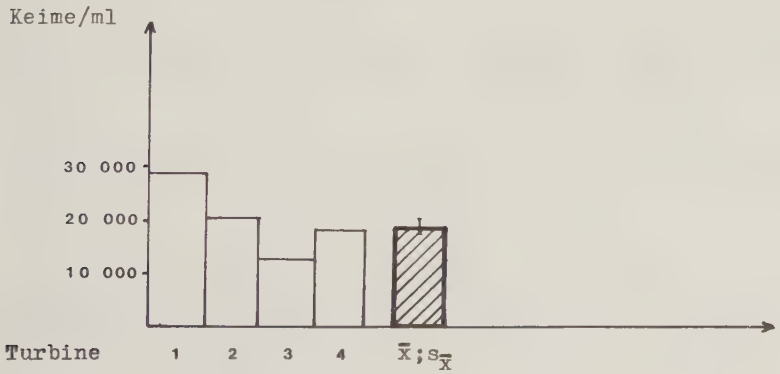
Zur Untersuchung der Verkeimung und Ermittlung einer Dekontaminationsmöglichkeit standen 4 fahrbare Turbinen zur Verfügung. Als die Bestimmung des Keimgehaltes während der unterrichtsfreien Zeit aufgenommen wurde, befand sich das entmineralisierte Wasser seit 6 Wochen in den Tanks, ohne daß die Turbinen gebraucht wurden. An verschiedenen Tagen wurden Proben entnommen, die gefundenen Keimzahlen sind in Tab. 5 und Abb. 5 eingetragen.

Tab. 5: Keimzahl im Tank der nicht im Betrieb befindlichen fahrbaren Turbinen

Turbine	1	2	3	4
Keime/ml	1o ooo 9 ooo 22 ooo 75 ooo 25 ooo -	11 1oo 22 ooo 1o ooo 2o ooo 4o ooo -	22 ooo 1o ooo 11 5oo 1o ooo 11 ooo 9 ooo	1o ooo 18 ooo 2o ooo 15 ooo 16 ooo 3o ooo
Summe	141 ooo	1o3 1oo	73 5oo	1o9 ooo
Mittel-wert	28 2oo	2o 62o	12 25o	18 166,6

Summe:	$\sum x$ = 426 6oo
Arithmetisches Mittel:	$\bar{x}$ = 19 39o,9
Standardabweichung:	s = 14 757,2
Standardfehler des arithm. Mittels:	$s_{\bar{x}}$ = 3 146,2
Spannweite:	R = (75-9)·$1o^3$

Abb. 5: Darstellung der gemittelten Daten aus Tab. 5



Während des Semesterbetriebs wurden die Turbinenbehälter mit entmineralisiertem Wasser aufgefüllt, das vorher aus einem größeren Reservoir in einen Plastikbehälter abgefüllt worden war. In diesem Behälter wurde das Wasser längere Zeit aufbewahrt und zum Füllen der Tanks in eine Metallkanne entnommen. In dem obengenannten Reservoir wurden 72o - 7 5oo Keime/ml, im Plastikbehälter zwischen 15 ooo und 17 5oo Keime/ml und in der metallischen Kanne 18 2oo Keime/ml gefunden. Aus dem Plastikbehälter, dessen Vorrat für ein Semester ausreicht, konnten gramnegative Sporenbildner und Serratia marcescens isoliert werden. Diese Befunde führten ohne Verzug dazu, den Zwischenweg über Reservoir - Plastikbehälter - Metallkanne, und somit die Möglichkeit einer Anreicherung der Keime im stehenden Wasser, zu unterbinden. Da das sich über längere Zeit im Reservoir befindliche Wasser von der Aufbereitung her identisch mit dem aus der Enthärtungsanlage fließenden Wasser ist, entschloß man sich vorübergehend, das für den Turbinenspray benötigte Wasser direkt aus der Leitung zu entnehmen. Die unter diesen Bedingungen während des Semesterbetriebs gefundenen Keimzahlen sind in Tab. 6 aufgezählt.

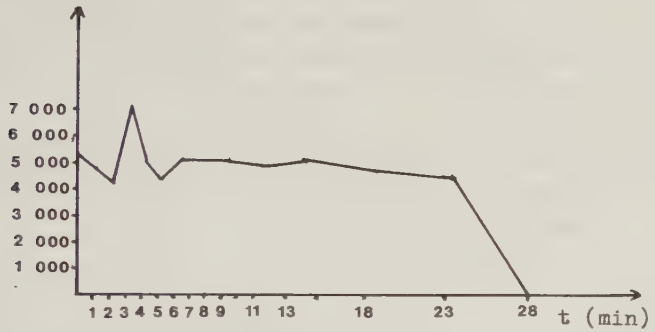
Tab. 6: Keimzahlen im Tank fahrbarer Turbinen während des Semesterbetriebs

Turbine	1	2	3	4
Keime/ml	2o ooo 35 ooo 17 ooo	4 5oo 9 ooo 5 4oo	15o 31o 17o	1oo 185 21o

Die Turbine 1 wurde wegen eines Defektes längere Zeit nicht gebraucht, so daß sich in ihrem Tank die Keime vermehren konnten. Faßt man die Keimzahlen der Turbinen 2, 3 und 4 zusammen, so ergeben sich im Mittel ca. 2 2oo Keime/ml. Die Turbinen 3 und 4 sind unmittelbar vor der Probeentnahme mit Leitungswasser aufgefüllt worden.

Aus dem Tank einer Turbine mit einer Ausgangskeimzahl von 5 ooo Keime/ml wurden in bestimmten Zeitabständen Proben entnommen. Der Befund ist in der Abb. 6 wiedergegeben.

Abb. 6: Probeentnahmen aus einem Tank bis zur Entleerung



Die Keimzahlen, die zu verschiedenen Zeitpunkten gefunden wurden, haben sich um die Ausgangskeimzahl (5 ooo Keime/ml) eingependelt. Dieses war zu erwarten, zumal es sich um ein geschlossenes System handelt, dessen Keimkonzentration durch Probeentnahmen nicht verändert wird. Die Durchflußrate betrug bei diesem Versuch 6 ml pro min.

4. Keimzahl im Spray der eingebauten Turbinen

Die Sprayproben aus den eingebauten Turbinen wurden über ein sterilisiertes Winkelstück direkt in ein Reagenzglas geführt. Proben wurden während der unterrichtsfreien Zeit und während des Semesterbetriebs entnommen. Somit konnte die Keimzahl im Turbinenspray bei längerem Stehen der Turbine mit der bei höherem Durchfluß gefundenen Keimmenge verglichen werden. Dementsprechend konnte zwischen eingebauten Turbinen, an denen behandelt, und solchen, an denen nicht behandelt wurde, unterschieden werden.

4.1. Keimzahl im Spray der eingebauten Turbinen mit denen behandelt wurde

Die Ergebnisse, die während der unterrichtsfreien Zeit gefunden wurden, sind in Tab. 7 wiedergegeben. Die unterstrichenen Zahlen geben die Keimzahlen an, die am gleichen Tag, aber zu verschiedenen Entnahmezeiten ausgezählt wurden. Die restlichen Daten entsprechen Stichproben, die an verschiedenen Tagen entnommen wurden. Die Sprayproben wurden um 8 Uhr, vor Inbetriebnahme der Turbine, um 12 Uhr und um 17 Uhr, also vor Behandlungsschluß entnommen.

Tab. 7: Keimzahl im Spray von eingebauten Turbinen mit denen behandelt wurde, die um 8, 12 bzw. 17 Uhr gefunden wurde

Keime/ml um 8 Uhr						
Turbine	1	2	3	4	5	6
Keime/ml	15o ooo 95 ooo 23o ooo	56 ooo 1oo ooo 2o ooo	7o ooo 25o ooo 32 ooo	88o ooo 35o ooo 7oo ooo	372 ooo 25o ooo -	4oo ooo 275 ooo -
Summe:				Σx = 4 23o ooo		
Arithmetisches Mittel:				$\bar{x}$ = 264 375		
Standardabweichung:				s = 241 o37,7		
Standardfehler des arithm. Mittels:				$s_{\bar{x}}$ = 6o 26o		
Spannweite:				R = (88o-2o)·1o^3		

Keime/ml um 12 Uhr						
Turbine	1	2	3	4	5	6
Keime/ml	8oo 14 ooo 95 ooo	1oo 1o ooo 5oo	1o ooo 4 ooo 3 ooo	12 ooo - 15o ooo	14 ooo - 14o ooo	25 ooo 5o ooo -
Summe:				Σx = 528 4oo		
Arithmetisches Mittel:				$\bar{x}$ = 35 227		
Standardabweichung:				s = 5o 989		
Standardfehler des arithm. Mittels:				$s_{\bar{x}}$ = 13 165		
Spannweite:				R = (15o-o,8)·1o^3		

Keime/ml um 17 Uhr					
Turbine	1	2	3	4	6
Keime/ml	2 400 3 500 22 000	200 - 20	500 - 300	5 000 - 35 000	9 000 - 20 000

Summe:	Σx = 97 920
Arithmetisches Mittel:	$\bar{x}$ = 8 900
Standardabweichung:	s = 8 406
Standardfehler des arithm. Mittels:	$s_{\bar{x}}$ = 2 535
Spannweite:	R = 35 000 - 20

Im Durchschnitt ergaben sich für die entsprechenden Entnahmezeiten folgende Werte: um 8 Uhr ca. 264 500 Keime/ml, um 12 Uhr 35 200 Keime/ml und um 17 Uhr 8 900 Keime/ml.

Die während des Semesterbetriebs gefundenen Keimmengen sind in Tab. 8 zusammengefaßt.

Tab. 8: Keimzahl im Spray von eingebauten Turbinen mit denen behandelt wurde, die um 8, 12 bzw. 17 Uhr gefunden wurde

Keime/ml um 8 Uhr					
Turbine	1	2	3	4	5
Keime/ml	7 000 100 000	100 90 000	1 000 50 000	43 000 750 000	21 000 150 000
Turbine	6	7	8	9	10
Keime/ml	400 000 350 000	52 000 250 000	3 000 -	40 000 -	800 000 -

Summe:	Σx = 3 098 000
Arithmetisches Mittel:	$\bar{x}$ = 182 241
Standardabweichung:	s = 250 230
Standardfehler des arithm. Mittels:	$s_{\bar{x}}$ = 60 690
Spannweite:	R = 800 000 - 100

Keime/ml um 12 Uhr					
Turbine	2	5	6	7	8
Keime/ml	- 3oo	13 ooo 5o ooo	45 ooo 9o ooo	15 ooo 8o ooo	1 ooo -
Turbine	9	1o			
Keime/ml	2o ooo -	17o ooo -			

Summe: Σx = 484 3oo

Arithmetisches Mittel: $\bar{x}$ = 48 43o

Standardabweichung: s = 52 984

Standardfehler des arithm. Mittels: $s_{\bar{x}}$ = 16 755

Spannweite: R = 17o ooo - 3oo

Keime/ml um 17 Uhr					
Turbine	1	2	3	5	6
Keime/ml	2 2oo 7o ooo	2oo 64 ooo	15 ooo 6 ooo	6 ooo 15 ooo	24o ooo 1 ooo
Turbine	7	9	1o	11	12
Keime/ml	14o ooo 34 ooo	13 ooo 17o ooo	2 2oo 13o ooo	3o ooo 5 ooo	3o ooo 1o ooo

Summe: Σx = 983 6oo

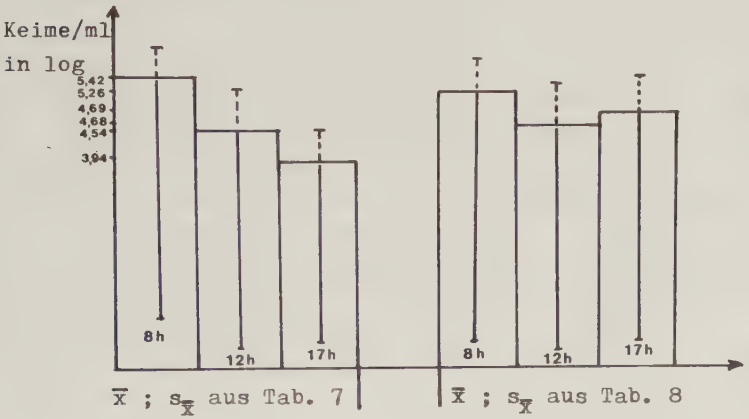
Arithmetisches Mittel: $\bar{x}$ = 49 18o

Standardabweichung: s = 67 825,3

Standardfehler des arithm. Mittels: $s_{\bar{x}}$ = 15 166,2

Spannweite: R = 24o ooo - 2oo

Abb. 7: Logarithmische (log) Darstellung der gemittelten Keimmengen aus Tab. 7 und 8



Wurden die gefundenen Keimzahlen gemittelt, ergaben sich um 8 Uhr ca. 182 25o Keime/ml, um 12 Uhr ca. 48 5oo Keime/ml und um 17 Uhr ca. 5o ooo Keime/ml. Vergleicht man die gemittelten Keimzahlen, die während der unterrichtsfreien Zeit gefunden wurden, mit denen während des Semesterbetriebs, zeigt sich, daß die Keimzahlen während der unterrichtsfreien Zeit um 8 Uhr früh größer sind als während des Semesters, um 12 und 17 Uhr aber geringer sind als während des Semesters. Eine mögliche Erklärung hierfür ist darin zu sehen, daß die Turbinen nicht in gleichmäßigen Zeitabständen oder gar nicht benützt wurden. Dieses kann insbesondere bei den Kinderbehandlungsstühlen der Fall gewesen sein, die in Tab. 8 mit einbezogen wurden.

4.2. Keimzahl im Spray der eingebauten Turbinen, mit denen nicht behandelt wurde

Diese Untersuchung wurde ausschließlich während der unterrichtsfreien Zeit vorgenommen. Dabei handelt es sich um Stichproben, die an verschiedenen Tagen und Zeitpunkten

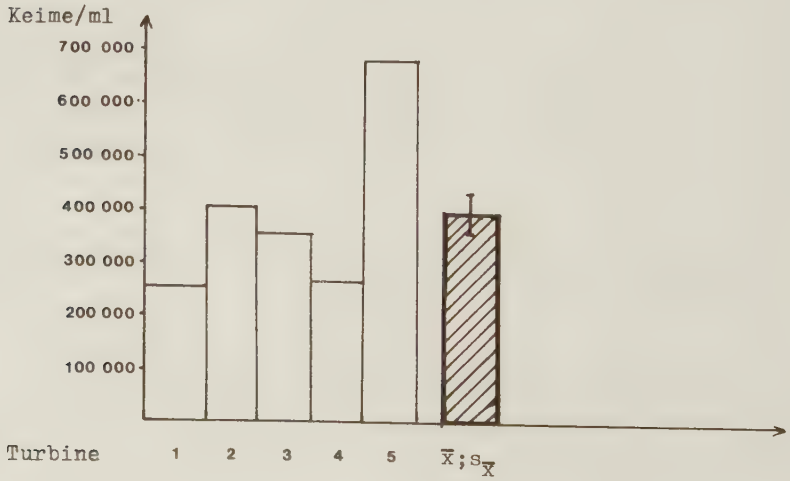
entnommen wurden und einen Überblick über die Verkeimung des Turbinensprays bei längerem Stehen des Wassers in den Zuführungsschläuchen geben. Aus Tab. 9 und Abb. 8 sind die gefundenen Keimzahlen zu entnehmen.

Tab. 9: Keimmenge im Spray von eingebauten Turbinen, mit denen nicht behandelt wurde

Turbine	1	2	3	4	5
Keime/ml	115 000 450 000 200 000 145 000 360 000	53 000 1 000 000 310 000 260 000 -	520 000 400 000 350 000 170 000 -	210 000 175 000 325 000 550 000 68 000	480 000 400 000 700 000 430 000 $1{,}4 \cdot 10^6$
Summe	$1{,}27 \cdot 10^6$	$1{,}623 \cdot 10^6$	$1{,}44 \cdot 10^6$	$1{,}328 \cdot 10^6$	$3{,}41 \cdot 10^6$
Mittelwert	254 000	405 700	360 000	265 600	682 000

Summe:	$\sum x$ = 9 071 000
Arithmetisches Mittel:	$\bar{x}$ = 394 390
Standardabweichung:	s = 308 214
Standardfehler des arithm. Mittels:	$s_{\bar{x}}$ = 64 267
Spannweite:	$R = (1\,400-53) \cdot 10^3$

Abb. 8: Darstellung der gemittelten Daten aus Tab. 9



Anhand 8 verschiedener Proben konnte der Abfall des Keimgehaltes in Funktion der Zeit und der Durchflußrate ermittelt werden. Während dieser Versuchsanordnung waren die Turbinen ununterbrochen 3o min in Betrieb. Der Durchfluß wurde nur zwecks Probeentnahme kurz unterbrochen. Die gemittelten Ergebnisse sind in Tab. 1o und Abb. 9 wiedergegeben.

Tab. 1o: Abnahme der Keimmenge in Abhängigkeit der Zeit

Keimzahlabnahme in Zeitfunktion					
1.	Ausgangskeimzahl:				38o ooo Keime/ml
2.	Keimzahl	nach	1	min :	16o ooo Keime/ml
3.	-"-	-"-	2	min :	1oo ooo Keime/ml
4.	-"-	-"-	3	min :	5o ooo Keime/ml
5.	-"-	-"-	5	min :	1o ooo Keime/ml
6.	-"-	-"-	1o	min :	5 5oo Keime/ml
7.	-"-	-"-	15	min :	4 ooo Keime/ml
8.	-"-	-"-	2o	min :	3 5oo Keime/ml
9.	-"-	-"-	25	min :	2 3oo Keime/ml
1o.	-"-	-"-	3o	min :	1 8oo Keime/ml

Tab. 11: Abnahme der Keimmenge in % bezogen auf die Werte aus Tab. 1o

Lauf. Zahl	Keimzahlabnahme auf n %	Keimzahlabnahme um m % bezogen auf 1oo - n(%)
1	1oo	o
2	42,1o	57,9o
3	26,31	73,69
4	13,15	86,85
5	2,63	97,37
6	1,44	98,56
7	1,o5	98,95
8	o,92	99,o8
9	o,6o	99,4o
1o	o,47	99,53

Die Tab. 11 bezieht sich auf die in Tab. 1o dargestellten Angaben. In der linken Spalte ist die Keimzahlabnahme in % , bezogen auf die Ausgangskeimzahl von 38o ooo Keime/ml, die gleich 1oo % gesetzt wurde, wiedergegeben. In der zweiten Spalte ist die Differenz zwischen 1oo % und der in der linken Spalte angegebenen Keimzahlabnahme rechnerisch dargestellt. Die tatsächliche Keimzahlverringerung kann somit direkt in % abgelesen werden.

Binnen 3o min flossen 1 8oo ml Wasser durch das Winkelstück der Turbine. Bei maximalem Durchfluß von 1 96o ml in 3o min betrug die Keimzahl nach dieser Zeit 1 6oo Keime/ml, wobei die Ausgangskeimzahl in diesem Fall 48o ooo Keime/ml betrug. Auffällig ist in Abb. 9 und Tab. 11 der abrupte Keimzahlabfall in den ersten 3 min der Turbinenbetätigung. Nach 1 min Betriebsdauer sank die Keimzahl im Turbinenspray um 57,9o % auf 42,1o % ab. Nach 5 min ist sogar eine Abnahme um 97,37 % feststellbar. Aber selbst nach einer halben Stunde fällt die Keimzahl nicht auf die im zuführenden Leitungssystem vorhandene Keimmenge von ca. 125 Keime/ml Wasser ab.

Abb. 9: Abnahme der Keimmenge in Funktion der Zeit

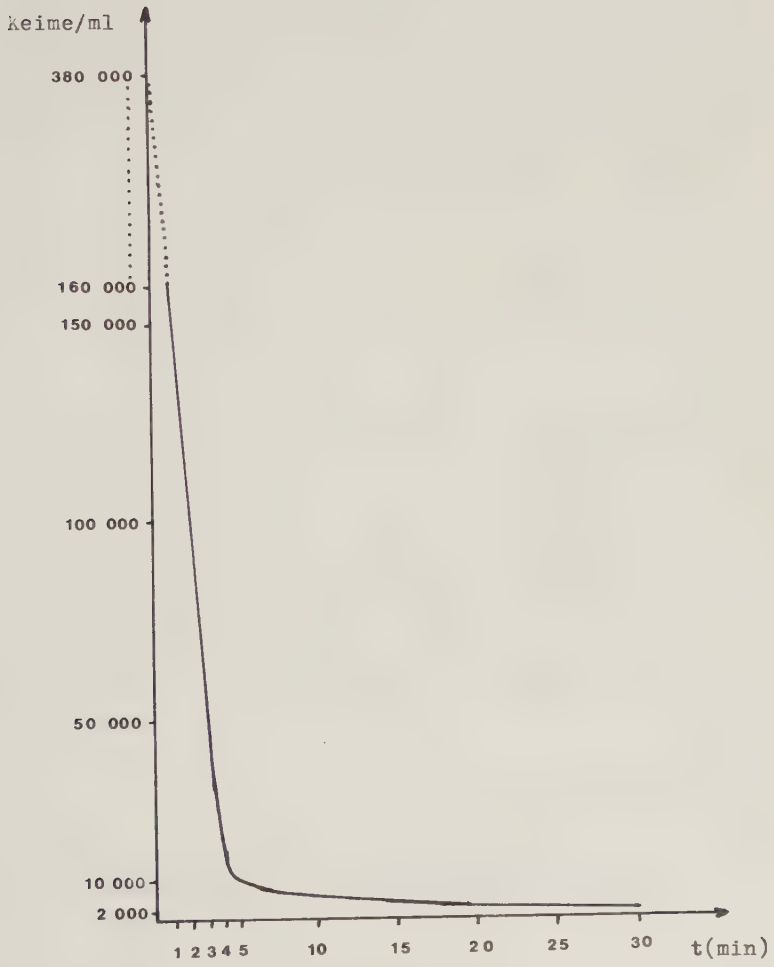
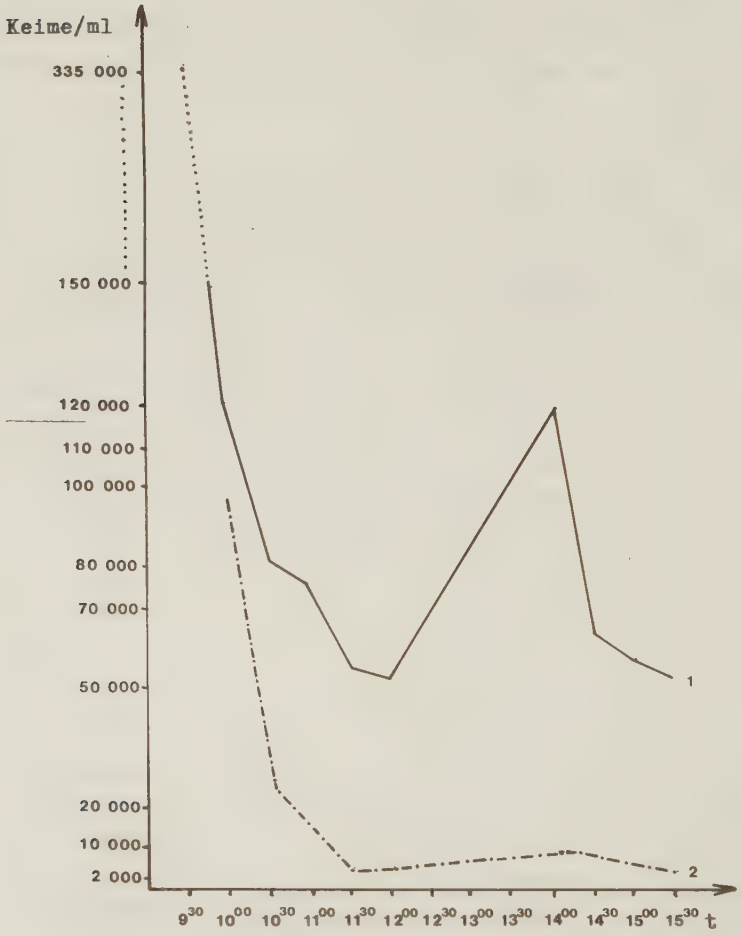


Abb. 1o: Abnahme der Keimmengen nach halbstündigen Entnahmeabständen



Um das Keimzahlverhalten über längere Zeit zu testen, wurden Proben in halbstündigen Abständen entnommen. Die Ergebnisse sind in Tab. 12 wiedergegeben. In der Zwischenzeit waren die Turbinen nicht in Betrieb.

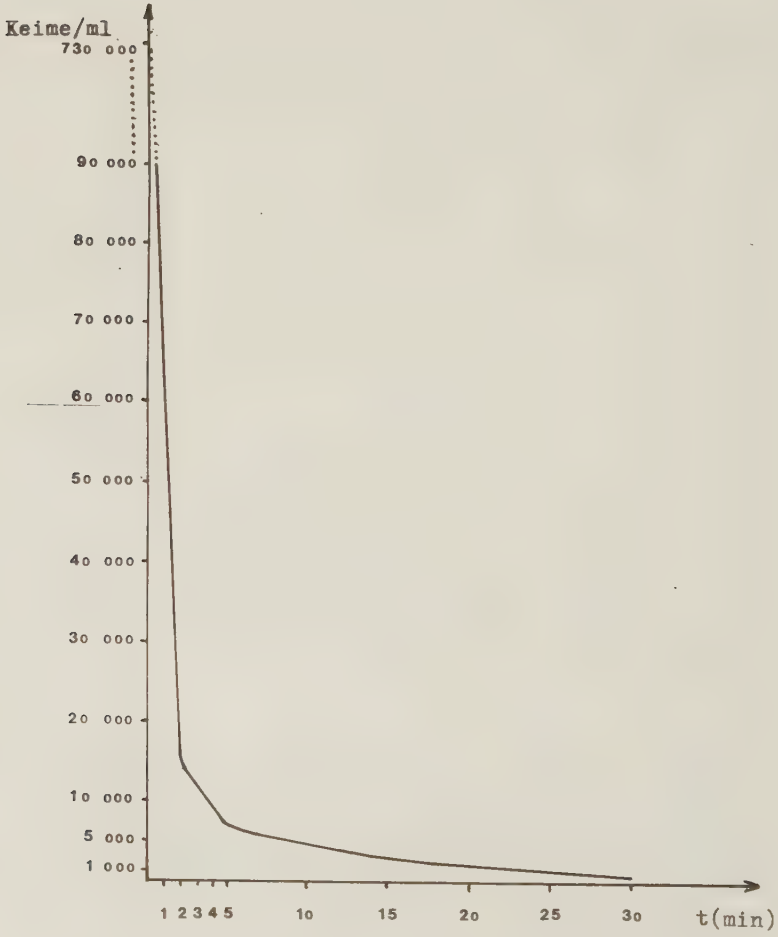
Tab. 12: Abnahme der Keimmenge nach halbstündigen Entnahmeabständen

Uhrzeit der Probeentnahme	Turbine 1	Turbine 2
9^{30}	335 ooo Keime/ml	-
10^{00}	12o ooo -"-	76 ooo Keime/ml
10^{30}	82 ooo -"-	27 ooo -"-
11^{00}	75 ooo -"-	15 ooo -"-
11^{30}	53 ooo -"-	4 5oo -"-
12^{00}	51 ooo -"-	4 ooo -"-
14^{00}	11o ooo -"-	7 8oo -"-
14^{30}	65 ooo -"-	6 3oo -"-
15^{00}	58 ooo -"-	3 5oo -"-
15^{30}	55 ooo -"-	3 3oo -"-

Aus Tab. 12 und Abb. 1o ist ersichtlich, daß bei Entnahmen von 1o ml Spray in halbstündigen Abständen die Keimzahl stetig absinkt. Während der zweistündigen Mittagspause kommt es in etwa zu einer Verdoppelung der Keimmenge im Schlauchsystem.

Daher war zu prüfen, woher die Keime stammen könnten; zunächst war nicht auszuschließen, daß Keime sich in dem zwischen Wasserleitung und Winkelstück befindlichen verschmutzten Filter festsetzen. Dieser Vermutung nachgehend, wurde an einer Turbine das Filter ausgewechselt. Die gefundenen Ergebnisse sind in Tab. 13 und Abb. 11 wiedergegeben. Während des Versuchs war die Turbine 3o min ununterbrochen in Betrieb.

Abb. 11: Abnahme der Keimmengen nach Auswechslung eines verschmutzten Filters



Tab. 13: Abnahme der Keimmenge nach Auswechslung des Filters im Zuführungsschlauch

1.	Ausgangskeimzahl:			73o ooo Keime/ml
2.	Keimzahl nach	1	min :	51 ooo Keime/ml
3.	-"-	-"-	2 min :	15 6oo Keime/ml
4.	-"-	-"-	3 min :	13 6oo Keime/ml
5.	-"-	-"-	5 min :	7 ooo Keime/ml
6.	-"-	-"-	1o min :	4 8oo Keime/ml
7.	-"-	-"-	15 min :	4 2oo Keime/ml
8.	-"-	-"-	2o min :	2 2oo Keime/ml
9.	-"-	-"-	25 min :	1 6oo Keime/ml
1o.	-"-	-"-	3o min :	1 3oo Keime/ml

Die in Tab. 14 aufgereihten Daten geben das prozentuale Verhalten der in Tab. 13 gefundenen Ergebnisse wieder. Die Ausgangskeimzahl wurde gleich 1oo % gesetzt.

Tab. 14: Abnahme der Keimmenge in % bezogen auf die Werte aus Tab. 13

Lauf. Zahl	Keimzahlabnahme auf n %	Keimzahlabnahme um m % bezogen auf 1oo - n(%)
1	1oo	o
2	6,98	93,o2
3	2,13	97,87
4	1,86	98,14
5	o,95	99,o5
6	o,65	99,35
7	o,57	99,43
8	o,3o	99,7o
9	o,21	99,79
1o	o,17	99,83

Den Tab. 13 und 14 sowie der Abb. 11 ist zu entnehmen, daß es während der ersten Minute, in der die Turbine in Betrieb ist, zu einer sehr starken Keimzahlverringerung kommt. Die

starke Abnahme der Keimzahl um 93,o2 % in der ersten Minute ist offensichtlich auf das Auswechseln des verschmutzten und keimhaltigen Filters zurückzuführen. Verglichen mit der in Tab. 1o wiedergegebenen Abfallsrate um 57,9o %, ist der Keimzahlabfall um 93,o2 % nach der gleichen Laufzeit der Turbine (1 min), aber nach Auswechslung des zwischengeschalteten Filters, signifikant. Trotz höherer Ausgangskeimzahl sank die Keimmenge pro ml Spray nach 3o min Vollbetrieb der Turbine rascher und, mit 1 3oo Keime/ml Wasser, auch tiefer ab.

5. Gefundene Keime

Mit einfachen Labortests, wie Gramfärbung, mikroskopischer Untersuchung, Katalase- und Oxidase- Test, Prüfung von Stoffwechselleistungen in der sogenannten Bunten Reihe, Ausstrich auf McConkey-Agar etc., konnten insgesamt 1o verschiedene aerobe Keimgruppen bzw. -arten (wahrscheinlich nur ein Teil der tatsächlich vorhandenen Keimarten) identifiziert werden. Nicht alle Keime wurden bis zu Spezies differenziert. Bei den Keimen handelt es sich um gramnegative Stäbchenbakterien, Sporenbildner und grampositive Kokken. Staphylococcus aureus, Staphylococcus epidermidis und Serratia marcescens konnten isoliert werden. Bei den restlichen Keimen handelt es sich um typische "Wasserkeime", Flavobakterien und Streptomyceten. Auf Pilznährböden konnte kein Pilzwachstum beobachtet werden.

Da durch Untersuchungen von GRÜN und CROTT (14) an der Kieferklinik Düsseldorf bekannt ist, daß im Turbinenspray Pseudomonas aeruginosa, der Erreger des blauen Eiters, und Alcaligenes faecalis gehäuft vorkommen können, wurde auch nach diesen pathogenen Keimen gesucht. P. aeruginosa konnte aber in keinem der Fälle nachgewiesen werden.

Probengemische wurden in Lactose-Bouillon übertragen und bei 37°C bebrütet. E. coli und coliforme Enterobacteriacaeen konnten nicht gefunden werden.

6. Untersuchung der Filter und des Turbinenschlauchs

Der Frage nachgehend, wieso im relativ kurzen Leitungsstück zwischen der Hauptleitung und dem Turbinenwinkelstück eine viel größere Keimzahl als im Hauptleitungssystem gefunden wurde, ist das Filtersystem und der zuleitende Silikonschlauch der zahnärztlichen Behandlungseinheit überprüft worden. Angenommen wurde, daß möglicherweise der Schlauch oder die Filter ein Substrat für die Keime darstellen könnten. Der untersuchte Silikonschlauch einer Behandlungseinheit hatte eine Länge von 3 m und ein Lumen mit einem Fassungsvermögen von 23,55 ml. Ein mit sterilem Aqua dest. gefüllter Glaskolben enthielt bei 120° C autoclavierte Schlauchstücke. In diesen sowie einen zweiten, nur mit sterilem Aqua dest. gefüllten Glaskolben wurde 1 ml Wasser, das 135 Keime enthielt, eingeführt. Da es auch nach dreimaliger Wiederholung des Versuchs zu keiner wesentlichen Abweichung der Keimmengen in den beiden Glaskolben nach der Bebrütung kam (im Glaskolben mit Schlauchstücken waren nach 48 h 420 000 Keime/ml, in dem nur mit Aqua dest. gefüllten Glaskolben waren im Mittel 510 000 Keime/ml vorhanden), war die obengenannte Annahme in bezug auf den Silikonschlauch zu verwerfen.

Ähnlich wurde mit den Filtern vorgegangen. Dabei erwiesen sich Filter möglicherweise als Substrat für die "Wasserkeime"; denn in den Reagenzgläsern, die die autoclavierten Filter enthielten, wurden zehnmal mehr Keime als in den mit der gleichen Keimzahl beimpften Aqua dest. enthaltenden Kontrollproben gefunden. Nicht ausgeschlossen werden kann, daß in den Filtern befindliche Substanzen Nährstoffe für die Keime darstellen. Beim Bebrüten von gebrauchten Filtern konnte diese Feststellung nicht gemacht werden. Da sich dieses Ergebnis unter Verwendung von ungebrauchten Filtern wiederholt bestätigen ließ, mußte angenommen werden, daß nach längerer Inbetriebnahme der Turbine das Substrat ausgewaschen wird. Dann aber ist nicht auszuschließen, daß das

verschmutzte Filter weiter als Keimfänger und -reservoir dient.

7. Möglichkeiten einer Dekontamination des Turbinensprays

Die Keimbelastung des Turbinensprays konnte im Rahmen dieser Untersuchung als beachtlich beurteilt werden. Zu ähnlichen Ergebnissen sind, wie in Abschnitt IV weiter zu erläutern sein wird, auch andere Autoren gekommen. Daher war nach einer praktikablen Methode zur Entkeimung des Turbinensprays zu suchen. Für die Dekontamination der fahrbaren Turbinen konnte eine einfache und zuverlässige Methode gefunden werden. Aus technischen Gründen war es nicht möglich, auch für die an das Leitungssystem angeschlossenen und auch in den freien Praxen verwendeten eingebauten Turbinen eine ebenso einfache Methodik der Entkeimung bis zur praxisnahen Anwendung zu entwickeln. Zu dieser Problematik können nur die in Abschnitt IV wiedergegebenen Vorschläge anderer Autoren berücksichtigt werden.

7.1. Dekontamination der fahrbaren Turbinen

Während der unterrichtsfreien Zeit wurden die im Durchschnitt mit ca. 25 ooo Keime/ml belasteten Turbinen mit Hydro-Merfen® + so aufgefüllt, daß im Tank eine o,5 %-ige Merfen-Lösung entstand. Zwei fahrbare Turbinen wurden mit dieser Lösung durchspült, danach mit Aqua dest. aufgefüllt und drei Tage belassen. Die Wasserbehälter der anderen zwei Turbinen enthielten die obige Merfen-Lösung, ohne daß vorher eine Spülung des zum Winkelstück führenden Schlauches vorgenommen wurde. In beiden Fällen konnten nach drei Tagen keine Keime nachgewiesen werden. Aus der zweiten Versuchsanordnung kann die Schlußfolgerung gezogen werden, daß entweder im Schlauch a priori keine Keime angesiedelt waren, oder aber durch die Hydro-Merfen-Lösung vermehrungs-

+ eine Quecksilberverbindung; Hersteller: Zyma-Blaes AG, München

unfähig wurden. Da Einwände gegen das Versprühen einer quecksilberhaltigen Merfen-Lösung aus toxikologischer Sicht nicht endgültig ausgeräumt werden konnten, wurde diese Dekontaminationsmöglichkeit verworfen und im Experiment, wie auch in praxi während des Semesterbetriebs, durch Wasserstoffperoxid ersetzt.

Ein Turbinentank wurde für 5 Tage ausgetrocknet und dann mit Aqua dest. aufgefüllt. Nach 45 bzw. 60 min wurden Proben entnommen. Die enthielten keine vermehrungsfähigen Keime. Dabei darf angenommen werden, daß der Schlauch durch Aufrollen entleert wird und es nicht zu einer Keimvermehrung in ihm kommen kann.

Im Tank einer fahrbaren Turbine, dessen Ausgangskeimzahl 7 500 Keime/ml betrug, wurde eine 1 %-ige H_2O_2-Lösung 40 min lang gehalten. Nach dieser Zeitspanne konnten keine vermehrungsfähigen Keime mehr gefunden werden. Die Behälter der restlichen drei Turbinen wurden mit einer 1-, 2- bzw. 3 %-igen H_2O_2-Lösung aufgefüllt. Die Ausgangskeimzahl betrug jeweils 26 000, 30 000 bzw. 42 000 Keime/ml Wasser. Diese Versuchsanordnung wurde auf 15 Tage angesetzt, wobei in bestimmten Tagesabständen Proben entnommen wurden. Selbst nach dieser Zeitspanne waren im Behälter, der eine 1 %-ige H_2O_2-Lösung enthielt, keine vermehrungsfähigen Keime nachweisbar. Dabei konnte gezeigt werden, daß die oxidative Wirkung einer 1 %-igen H_2O_2-Lösung durchaus in der Lage ist, auf längere Zeit einen kontaminierten Turbinenspraybehälter keimfrei zu halten.

Ungeklärt blieb allerdings die Frage, ob mit einer 1 %-igen H_2O_2-Lösung einer Keimfreiheit während des Semesterbetriebs Genüge getan werden kann, wenn man z.B. unterstellt, daß nach Abschluß der Turbinenbetätigung ein Rückfluß des im Winkelstück vorhandenen mundkeimhaltigen Wassers und somit eine zusätzliche Kontaminationsmöglichkeit gegeben ist. Diese Annahme konnte im Experiment bestätigt werden. Zu diesem Zweck wurde eine dekontaminierte Turbine mit steri-

lisiertem Wasser aufgefüllt. 24 Stunden vor Beginn eines Selbstversuchs wurden die Zähne nicht geputzt. Das Winkelstück wurde unter Benutzung des Sprays in die Mundhöhle gehalten und in ihr herumgeführt. Nach jeder min Vollbetrieb wurde eine einminütige Pause eingelegt. Die Turbine war insgesamt 5 min in Betrieb. Das Winkelstück blieb nach Beendigung des Versuchs 15 min anmontiert. Nach 2 Tagen wurden Proben in Plate-count-Agar entnommen. Im Mittel wurden 553 Keime/ml ausgezählt.

Während des Semesterbetriebs wurden 4 Wochen lang die Tanks der fahrbaren Turbinen mit enthärtetem Leitungswasser aus Wasserhähnen von Behandlungsboxen, das im Durchschnitt mit 9o Keime/ml belastet war, aufgefüllt. Es kann vorkommen, daß eine Turbine, deren Behältervolumen nur 15o ml beträgt, pro Tag öfters aufgefüllt werden muß. Andrerseits ist es möglich, daß eine Turbine mehrere Tage ungebraucht stehen bleibt. Im Durchschnitt konnten 6 22o Keime/ml gefunden werden, wobei die Keimzahl zwischen 1oo und 4o ooo Keime/ml variierte. Wurden die Proben unmittelbar nach Auffüllung der Tanks entnommen, wurden durchschnittlich 1 8oo Keime/ml ausgezählt, wobei die Keimmenge zwischen 4o und 6 4oo Keime/ml schwankte. Diese im Vergleich zum enthärteten Leitungswasser relativ hohe Keimzahl wurde damit erklärt, daß keimhaltiges Wasser im Behälter zurückblieb.

Weitere 4 Wochen wurden die Turbinenbehälter routinemäßig mit einer 1 %-igen H_2O_2-Lösung gefüllt, die wöchentlich neu angesetzt wurde. Ein "Schäumen" des Sprays während der Behandlung oder eine Gasbildung unter Druck im Tank durch freiwerdenden Sauerstoff war nicht zu beobachten. Während der Versuchsdauer wurden 21 Stichproben entnommen, die ausnahmslos o Keime/ml Spray enthielten. Dieses Ergebnis rechtfertigt die Annahme, daß auch möglicherweise rückgewanderte Mundkeime durch die 1 %-ige H_2O_2-Lösung vernichtet werden. Somit ist eine einfache, billige und völlig ungefährliche Dekontaminationsmöglichkeit gegeben.

7.2. Dekontamination der eingebauten Turbinen

Wie eingangs dargestellt, konnte für die eingebauten Turbinen keine praxisnahe Dekontaminationsmöglichkeit erarbeitet werden. Die Möglichkeit des Gebrauchs chlorhaltigen Wassers ist aber kritisch betrachtet worden.

Zu diesem Zweck wurde mit chloraminhaltigen Tabletten+ eine Lösung hergestellt, die o,3 mg frei verfügbares Cl_2/l enthielt. Diese Lösung wurde mit einem Mixer umgerührt und subjektiv auf den Chlorgehalt geprüft. Der Chlorgeruch war bemerkenswert.

Ein vom Wasserwerk auf o,15 mg Cl_2/l eingestelltes Wasser wurde im Homogenisator 2 min lang umgerührt und ebenfalls subjektiv auf den freiwerdenden Chlorgeruch geprüft. Der Chlorgeruch war während der Betätigung des Gerätes wahrnehmbar, wenn auch nicht penetrant. Nach dem Umrühren war der Chlorgeruch verschwunden, photometrisch konnte auch kein Chlor mehr festgestellt werden. Da aber eine keimabtötende Chlorierung mit mindestens o,3 mg Cl_2/l vorgenommen werden muß, ergibt sich die Frage, ob es dem Patienten und Behandlungspersonal zumutbar ist, sich fast permanent einem, wenn auch geringen Chlorgeruch auszusetzen. Technisch wäre es nämlich durchaus möglich, entweder das Wasser im Hauptbehälter zu chlorieren oder in freien Praxen Chlorierungspatronen so anzubringen, daß eine Minimalisierung des Keimgehaltes des Turbinensprays erzielt werden kann.

+Clorina® ; Hersteller: Heyden, München

IV. D I S K U S S I O N

Im Rahmen dieser Untersuchung wurde der Keimgehalt des Kühlungssprays fahrbarer und in die Behandlungseinheit integrierter Turbinen, das Verhalten der Keimmengen in Abhängigkeit von der Benutzungsdauer der Turbine sowie Möglichkeiten einer Dekontamination des Sprays überprüft.

Zunächst war nicht auszuschließen, daß die als relativ hoch bewertete Verkeimung des Turbinensprays nicht allein auf das mit 9o Keime/ml gering vorkontaminierte enthärtete Leitungswasser zurückzuführen ist. Experimentell konnte bewiesen werden, daß es zu einem Rückfluß von auf der Winkelstückdüse haftenden Keimen kommen kann. Somit kann erklärt werden, wieso für die Mundhöhle typische Keime, nämlich Staphylococcus aureus und S. epidermidis, aus dem Turbinenspray isoliert wurden. GRÄF und VOLLMUTH (13) geben 1977 an, daß es bei Dentalturbinen zu einer konstruktionsbedingten Keimübertragung kommen kann. Um ein Nachtropfen nach Gebrauch des Winkelstücks und ein Erkalten des vorgewärmten Sprays zu vermeiden, ist in die meisten modernen Dentalturbinen eine Rücksaugvorrichtung eingebaut. Zwangsläufig werden somit nach Beendigung der Turbinenbenutzung Mundkeime und möglicherweise Krankheitserreger in das Schlauchsystem angesaugt und dem nächsten Patienten übermittelt. Die Autoren konnten mittels E. coli als Testkeim in der Mundhöhle beweisen, daß selbst nach 1o s und 1o ml Spraydurchfluß in den Proben E. coli nachgewiesen werden konnten. Da eine wirkungsvolle Desinfektionsmöglichkeit im Kühlsystem derzeit kaum praktikabel ist, schlagen die Autoren vor, nach Desinfektion bzw. Auswechslung des Winkelstücks und vor Wiederbenutzung der Turbine, mindestens 2o ml Sprayflüssigkeit, entsprechend ca. 2o s Leerlauf, abzusprühen. Um eine morgendliche Keimbelastung des Patienten, aber auch des Behandlers zumindest herabzusetzen, wird aufgrund dieser Untersuchung vorgeschlagen, die Turbine vor

deren Inbetriebnahme mindestens 5 min laufen zu lassen. Dadurch kann die Behandlung statt mit 380 000 Keime/ml, mit einer Ausgangskeimbelastung von nur 10 000 Keime/ml begonnen werden. Ob diese Reduktion allerdings von klinisch-hygienischer Bedeutung ist, bleibt zunächst offen; sie muß eher angezweifelt werden.

Eine Keimanreicherung im Bereich der Heizspirale wurde angenommen. Das dort vorgewärmte Wasser würde nämlich eine günstige Voraussetzung für die Keimvermehrung darstellen. Dieses konnte aber nicht bestätigt werden, da sich die 6 - 8 cm lange Heizspirale mit geringem Lumen etwa 3,5 m vom Winkelstück entfernt befindet und folglich ein zweiter Keimzahlgipfel hätte festgestellt werden müssen. Da es jedoch zu einem Durchspüleffekt kommt, darf angenommen werden, daß die Mehrzahl der Keime sich in der Nähe des Winkelstücks befindet.

Eine wirksame, billige und völlig ungefährliche Dekontaminationsmöglichkeit durch Füllen der Tanks fahrbarer Turbinen mit einer 1 %-igen H_2O_2-Lösung ist unter Arbeitsbedingungen während des Semesterbetriebs erprobt worden. Bei Anwendung einer H_2O_2-Lösung wird atomarer Sauerstoff frei, mit dem man einen klinischen, wenn auch bei der benutzten Lösung geringen, Effekt erzielen kann (KÖTZSCHKE (2o)). Da etwa 8o % der Menschen eine partiell entzündete Gingiva mit einem erhöhten Sauerstoffbedarf aufweisen, könnte durch Anwendung einer H_2O_2-Lösung als Spray eine therapeutisch günstige Sauerstoffanreicherung zustande kommen. FENNEN (11) gab schon 1958 an, daß eine 4 %-ige Merfen-Lösung ein wirksames Desinfektionsmittel, schwer resorbierbar, praktisch ungiftig, für die Schleimhäute reizlos ist und sehr selten Allergien erzeugt. Das Versprühen einer Phenolquecksilberboratlösung, die zwangsläufig als Aerosol inhaliert würde, erscheint aber auf die Dauer zumindest für den Behandler bedenklich. CLARK (7) äußert ebenfalls Bedenken gegen die Einführung von Antiseptika in das Wasser,

weil dadurch die Selektion von Keimen gefördert würde. Durch BASSETT et al. (3) wurde 197o die Infektion von Patienten durch P. cepacia bakteriell belastetes Chlorhexidin bekannt. ABEL et al. (1) geben an, daß die Trinkwasserchlorierung zur Reduktion der Keimzahl im Turbinenspray nicht ausreicht, da 3oo - 1 Mio. Keime/ml gefunden wurden. Die Entnahme des Spraywassers aus einem Behälter mit 5o ppm Chlorgehalt würde das Problem lösen. Der Chlorgeschmack wurde aber als nicht "gut" empfunden. GRAYSON (12) fand, daß die Keimzahl durch eine o,oo1 %-ige Merthiolat-Lösung wirksam herabgesetzt werden kann, spricht aber dem Zusatz von Chemikalien ins Aerosol eine potentielle Gefahr für den Behandler zu.

Die im Rahmen dieser Untersuchung gefundenen Ergebnisse sind nur bedingt auf die Gegebenheiten freier Zahnarztpraxen übertragbar. Sicher ist die Wasserdurchflußrate in einer viel frequentierten Praxis höher als am Orte dieser Untersuchung. Zum anderen werden fahrbare Turbinen heute in den freien Praxen durch eingebaute Turbinen ersetzt. Gerade die eingebauten Turbinen aber haben eine größere Keimstreuung und sie lassen sich zur Zeit noch nicht praktikabel dekontaminieren. Fest steht, daß der Turbinenspray stark verkeimt ist und daß er eine nicht zu unterschätzende Gefahr für die im zahnärztlichen Behandlungsraum Befindlichen darstellt.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Nach einem Überblick über mögliche gesundheitliche Schädigung des Behandlers, der Behandelten und des Hilfspersonals durch dentalturbinenbedingte Aerosole werden bisherige Untersuchungen über den Keimgehalt im Kühlungsspray fahrbarer und eingebauter zahnärztlicher Turbinen mitgeteilt.

Das zu den einzelnen Turbinen fließende Wasser wurde im Sinne einer "Stufenkontrolle" an verschiedenen Orten, nämlich in den Enthärtungsanlagen, im Wasserleitungssystem und im Schlauchsystem der Turbinen auf den Keimgehalt überprüft.

In den Hauptbehältern der Wasserenthärtungsanlage wurden im Mittel 27 - 286 Keime/ml gefunden, je nachdem ob diese in Betrieb oder in der Regenerationsphase waren. Im enthärteten Wasser des Leitungssystems, das zu den einzelnen Endröhren der Behandlungsboxen sowie den Turbinen fließt, wurden während des Semesterbetriebs zwischen 3o und 54o Keime/ml Wasser, im Mittel 9o Keime/ml Wasser, gefunden. Der Spray fahrbarer, mit enthärtetem Leitungswasser gefüllten Turbinen war während des Semesterbetriebs im Mittel mit 2 2oo Keime/ml belastet. Da die Untersuchungen während der unterrichtsfreien Zeit sowie auch während des Semesterbetriebs vorgenommen wurden, konnten die eingebauten Turbinen in solche, mit denen behandelt und mit denen nicht behandelt wurde, eingeteilt werden. Der Kühlungsspray der Turbinen, mit denen tagsüber behandelt wurde, ist mit durchschnittlich 264 5oo Keime/ml geringer verkeimt als der mit 355 ooo Keime/ml belastete Spray der Turbinen, die während der unterrichtsfreien Zeit außer Betrieb waren. Die Keime haben somit bei Nichtgebrauch der Turbine die Möglichkeit, sich im stehenden Wasser zu vermehren. Wird eine Turbine in Betrieb gesetzt, beträgt die

Keimzahlabnahme nach 1 min 57,9o %, nach 3o min Vollbetrieb sank die Keimzahl bei eingebauten Turbinen von 38o ooo Keime/ml auf 1 8oo Keime/ml, und zwar um 99,53 % ab. Waren die Turbinen über Mittag zwei Stunden außer Betrieb, stieg die Keimzahl um etwa 1oo % an.

An einer Turbine wurde ein Filter erneuert. Nach 1 min Dauerbetrieb sank die Keimzahl von 73o ooo Keime/ml signifikant um 93 % auf 51 ooo Keime/ml ab. Dieser Befund verdeutlicht, daß das alte, verschmutzte Filter den Keimen eine vergrößerte Haftfläche gab. Das Filter, das aus Kunststoff gefertigt ist und Weichmacher enthält, stellt möglicherweise ein günstiges Milieu für Keime dar. In Proben, die nach Bebrütung einer bekannten Keimmenge aus Glaskolben entnommen wurden, die Filter entnielten, sind zehnmal mehr Keime als in den Kontrollproben gefunden worden. Ähnliches konnte unter Verwendung eines Silikonschlauches nicht nachgewiesen werden.

Mit einfachen Labortests konnten aus dem Turbinenspray 1o verschiedene Keime isoliert werden. Dabei handelt es sich in der Mehrzahl um typische Wassersaprophyten, Flavobakterien und Streptomyceten. Staphylococcus aureus, S. epidermidis und Serratia marcescens konnten aus Proben differenziert werden. Die Existenz der beiden Staphylococcus-Arten im Turbinenspray wird durch eine Rückwanderung der Keime in das Schlauchsystem nach der Behandlung erklärt. Abweichend von anderen Autoren wurde Pseudomonas aeruginosa und Alcaligenes faecalis nicht nachgewiesen, desgleichen E. coli und coliforme Enterobacteriacaeen.

Als Möglichkeit einer Dekontamination des Turbinensprays fahrbarer Turbinen wurde eine 1 %-ige H_2O_2-Lösung angegeben und unter klinischen Bedingungen getestet. Die Anwendung dieser Lösung wurde als risikolos für die im Behandlungsraum befindlichen Personen angesehen, die Anwendung ist einfach und nicht kostspielig. Für eingebaute Turbinen wurden die in der Literatur angegebenen Verfahren auf-

gezählt und die Chlorierung des Leitungswassers kritisch auf den geruchlichen Nebeneffekt betrachtet.

Abschließend wird gefordert, daß es einer sehr intensiven Zusammenarbeit zwischen Zahnärzten, Hygienikern und Herstellern von Dentalturbinen bedarf, um eine praktikable Dekontamination des bakteriell belasteten Turbinensprays zu erreichen.

Herrn Professor Dr. phil. W. DÖLL danke ich herzlich für die Überlassung des Dissertationsthemas und für die freundliche Unterstützung bei der Durchführung der Arbeit.

Herrn Professor Dr. med. H. SEELIGER danke ich herzlich für die Übernahme des Korreferats.

Herrn H. HAHN danke ich für die gebotene Unterstützung bei den bakteriologischen Untersuchungen.

L I T E R A T U R V E R Z E I C H N I S

1. ABEL, L. C., MILLER, R. L., MICIK, R. E. and RYGE, G.: Studies on Dental Aerobiology IV.: Bacterial Contamination of Water Delivered by Dental Units.
J. Dent. Res., 5o, 1567-1569, 1971

2. BAHR, J. und POTHMANN, C.: Besteht eine Gefährdung für den Zahnarzt durch Sprayanwendung?
Zahnärztl. Welt, 82, Nr. 2o, 1973

3. BASSETT, D. C. J., STOKES, K. J. and THOMAS, W. R. G.: Wound infection with Pseudomonas multivorans. A water-borne contaminant of disinfectant solutions.
The Lancet, 6, 1188, 197o

4. BAUER, E., LANGER, H. und PORTELE, K.: Turbine und Keimstreuung.
Dt. zahnärztl. Z., 22, 1183, 1967

5. BAUER, E. und PORTELE, K.: Infektionsgefahr und Schutzmaßnahmen bei der Präparation mit Turbinengeräten.
Zahnärztl. Praxis, 17, 91, 1966

6. BELTING, C. M., HABERFELD, G. C. and JUHL, K.: Spread of Organisms from Dental Air Rotor.
J. Am. Dent. Ass., 68, 648, 1964

7. CLARK, A.: Bacterial colonization of dental units and the nasal flora of dental personal.
Proc. Roy. Soc. Med., 67, 1269-7o, 1974

8. CROTT, K.: Untersuchung zur Hygiene der zahnärztlichen Turbine.
Diss., Düsseldorf, 1968

9. ENGELHARDT, J. P.: Kontamination in der Zahnarztpraxis und Möglichkeiten einer gezielten Dekontamination unter dem Aspekt einer Praxisrationalisierung.
Dt. zahnärztl. Z., 29, 165, 1974

1o. ENGELHARDT, J. P. und FISKVATN, H.: Hygiene in der Zahnarztpraxis - Wunsch und Wirklichkeit.
Dt. zahnärztl. Z., 31, 277-281, 1976

11. FENNEN, W.: Erfahrungsbericht über die Spraykühlung.
Zahnärztl. Welt, 67, 572, 1958

12. GRAYSON, B. H., WILLIAM, K. P. L. and BENJAMINSON, M. A.: Viability of Bacteria in High-Speed Dental Drill Aerosols with Antimicrobial Agents in the Water Coolant Systems.
J. Dent. Res., 52, 7-12, 1973

13. GRÄF, W. und VOLLMUTH, G.: Die konstruktionsbedingte Keimübertragung durch Inneninfektion von Dentalturbinen.
Zbl. Bakt. Hyg., I. Abt. Orig. B, 165, 444-457, 1977

14. GRÜN, L. und CROTT, K.: Über den Keimgehalt des Turbinensprays.
Dt. zahnärztl. Z., 24, 189-193, 1969; 24, 87o-875, 1969

15. GRUNDY, J. R.: Symptoms attributed to the air turbine. A survey of the dental profession of the United Kingdom.
Dent. Pract., Bristol, 17, 17, 1966

16. HAUSSLER, W. J. and MADDEN, R. M.: Microbiological Comparison of Dental Handpieces. Prt. I, Preliminary Report.
J. Dent. Res., 42, 1146, 1963

17. HOFFMAN, H.: Air hygiene in dental practice.
Oral Surg., 11, 1o48, 1958

18. HOSCHEK, R.: Kurzdauernde Gesundheitsstörungen durch Luftbefeuchter in graphischen Betrieben.
Zentralbibl. Arbeitsmedizin, 22, 35-38, 1971

19. KAZANTZIS, M. G.: Air Contamination from High-Speed Dental Drill.
Proc. Roy. Soc. Med., 54, 242, 1961

2o. KÖTZSCHKE, H. J.: Leitfaden der Parodontologie.
Johann Ambrosius Barth, Leipzig, 197o

21. LARATO, D. C., RUSKIN, P. F., MARTIN, A. and DELANKS, R.: Effect of a Dental Air Turbine Drill on the Bacterial Counts in Air.
J. Prosth. Dent., 16, 758-765, 1966

22. LENK, V. und EICHNER, K.: Experimentelle Untersuchungen zur Hygiene bei hoch-und höchsttourigem Bohren und Schleifen.
Dt. zahnärztl. Z., 18, 118, 1963

23. LITZKY, B. Y., MASGIS, J. D. and LITZKY, W.: Use of an antimicrobial mouthwash to minimize the bacterial aerosol contamination generated by high-speed drill.
Oral Surg., 29, 25-3o, 197o

24. MILLER, R. L.: Studies of the aerobiology of dentistry airborne transmission and airborne infection; Hers, J. F. Ph. and Winkler, K. C. Oosthoek Publishing Company, Utrecht, 1973

25. MILLER, R. L., MICIK, R. E., ABEL, C. and RYGE, G.: Studies of Dental Aerobiology II.: Microbial Splatter Discharged from the Oral Cavity of Dental Patients. J. Dent. Res., 5o, 621-625, 1971

26. MOHAMMED, C. I. and MONSERRATE, V.: Preoperative oral rinsing as a means of reducing air contamination during use of air turbine handpieces. Oral Surg., 29, 291-294, 197o

27. NIXON, G. S.: Occupational Hazards in Dentistry. Community Health, 3, 221-225, 1972

28. POLLOK, N. L., WILLIAMS, G. H., SHAY, D. E. and BARR, C. E.: Laminar air purge of microorganisms in dental aerosols. J. Amer. Dent. Ass., 81, 1131-1139, 197o

29. WENNER, J. H., GREENE, V. W. and KING, K. J.: Monitoring microbial aerosols in an operating room during restorative dentistry. J. Dent. Child, 44, 25-29, 1977

3o. WINKLER, L.: Luftkeimbestimmung beim Beschleifen von Zähnen bei Verwendung von Turbinen. Diss., Düsseldorf, 1971

L E B E N S L A U F

8. 03. 1952	geboren in Regen / Rumänien
1959 - 1967	Besuch einer allgemeinbildenden Schule in Regen
1967 - 1970	Besuch eines naturwissenschaftlichen Gymnasiums in Regen
1972	Abitur am Wirsberg-Gymnasium, Würzburg
1974	Beginn des Zahnmedizinstudiums an der Julius-Maximilians-Universität, Würzburg
1979	Staatsexamen in Würzburg
5. 11. 1979	Einberufung als Stabsarzt zur Bundeswehr

Eduard Schulte

Andreas Staudenraus Druckerei GmbH · Münzstraße 4 · 8700 Würzburg